Münster.1932.№ 57

Med Diss.

Aus dem Pharmakologischen Institut der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster (Westf.)
(Direktor: Professor Dr. H. Freund)

Über den Einfluß von Jod- und Bromsalzen auf die Methylenblauentfärbung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster (Westf.)

vorgelegt von
Gustav Schulte-Hostede (Zahnarzt)
aus Dortmund.

1932.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster (Westf.)

Dekan:
Prof. Dr. Herzog

Referent:
Privatdozent Dr. Haarmann

Korreferent:
Prof. Dr. Freund

1 9 3 2 .

Meinen lieben Eltern
und meiner lieben Braut
in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547404_0005

Über den Einfluß von Jod- und Bromsalzen auf die Methylenblauentfärbung.

Die vorliegenden Versuche haben zum Gegenstand die Beeinflussung der Dehydrierungsvorgänge durch Jod- und Bromsalze. Bei der Bedeutung, die dieser Teil des intermediären Stoffwechsels besonders für den Kohlehydratabbau hat, bedürfen die Untersuchungen, die unter Haarmanns Leitung dem Kohlehydratabbau im Gewebe gelten, der Ergänzung durch die Methode der Methylenblauentfärbung. Da zugleich den Dehydrierungsvorgängen im tierischen Organismus die wichtige Rolle zukommt, den Abbau bis zu denjenigen Stufen durchzuführen, an denen die eigentliche oxydative Verbrennung stattfinden kann, so muß ihre Beeinflussung in letzter Linie von wesentlicherer Bedeutung für den Sauerstoffverbrauch sein. Die vorliegenden Versuche stehen daher in Beziehung zu der Einwirkung von Jod und Brom auf den Grundumsatz.

Methodik.

Für die Bestimmung des Dehydrierungsvermögens des Gewebes wurde die Thunberg'sche Methylenblaumethode benutzt. Alle Versuche wurden bei einer Thermostatentemperatur von 38° durchgeführt.

Als Versuchsmaterial diente Skelettmuskulatur, Herz, Hirn und Niere von Kaninchen, Katze, Hund und Meerschweinchen, die sorgfältig von Sehnen, Fascien und Fett befreit wurden; das Gewebe wurde für die Versuche mit der Schere gleichmäßig fein zerschnitten.

Die einzelnen Versuchsansätze enthielten: 0,2 g Gewebe, 0,4 ccm Methylenblaulösung 1:2000 in Phosphatpufferlösung von der Wasserstoffzahl $P_H = 7{,}0$ und einem Phosphatgehalt von m/7,5—PO_4 und 0,6 ccm Wasser. Statt 0,6 ccm Wasser wurden in Zusatzversuchen 0,3 ccm einer 2%igen Lösung der Natriumsalze der Bernsteinsäure, Glyzerinphosphorsäure und Hexosediphosphorsäure oder 0,3 ccm einer 1%igen Lösung von milchsaurem Natrium, Glukose und Glykogen, je nach der Fragestellung, und 0,3 ccm Wasser den Versuchsansätzen zugefügt. In den Versuchen, in denen der Einfluß von Bromid und Jodid auf die Methylenblauentfärbung untersucht wurde, wurden statt 0,3 ccm Wasser Lösungen der in einzelnen Versuchsserien angegebenen Konzentrationen Kaliumjodid und Natriumbromid zugesetzt.

Untersucht wurden Kaliumjodid puriss. Merck und Natriumbromid puriss. Merck. Die Stammlösung dieser Salze enthielt 1 g Kaliumjodid bzw. Natriumbromid in 100 ccm Wasser. Aus diesen Stammlösungen wurden jeweils die einzelnen Verdünnungen bis zu $1 \cdot 10^{-10}$ hergestellt. Die in den Tabellen angegebenen Kaliumjodid- bzw. Natriumbromidkonzentrationen beziehen sich auf die zugesetzten Lösungen. Die Konzentration der Versuchsansätze dieser Stoffe beträgt also ein Viertel davon.

Die Methylenblauentfärbung wurde in der von Hahn und Haarmann[1]) angegebenen Modifikation in an der Ölpumpe evakuierten und dann abgeschmolzenen Reagensgläschen vorgenommen.

Einfluß von Jodid auf die Methylenblauentfärbung.

Versuchsserie 1.

Jedes Gewebe enthält eine große Anzahl verschiedener spezifisch wirkender Fermente, die den Abbau der im Gewebe enthaltenen Brennstoffe vermitteln. In Versuchsserie 1 wurde zunächst der Einfluß von Kaliumjodid auf die Summe aller Fermentreaktionen untersucht. Die Versuchsergebnisse sind aus der Tabelle 1 zu ersehen.

Aus den Versuchen geht hervor, daß die Beeinflussung der Methylenblauentfärbung durch Jodid im Gewebe selbst von verschiedenen artgleichen Tieren sehr starken Schwankungen unterworfen ist. Das Gewebe jedes einzelnen Tieres verhält sich dem Gift gegenüber ganz verschieden. Bei der Skelettmuskulatur von Kaninchen und Frosch ist überhaupt keine Einwirkung bei sämtlichen angewandten Verdünnungsgraden von Kaliumjodid feststellbar. Ganz anders bei der Muskulatur vom Meerschweinchen. Die Unterschiede im Verhalten der einzelnen Tiere sind auch hier sehr erheblich. Um Klarheit zu schaffen, war es daher notwendig, eine große Anzahl von Versuchen durchzuführen. Erst so war es möglich, Gesetzmäßigkeiten über die Wirkungsrichtung des Giftes festzustellen.

Die Versuche haben das eindeutige Ergebnis gezeitigt, daß hohe Konzentrationen von Jodid die Methylenblauentfärbung hemmen, niedrige Konzentrationen die Methylenblauentfärbung fördern. Das Optimum der Förderungswirkung liegt bei den einzelnen Tieren bei ganz verschiedenen Verdünnungsgraden des Giftes.

Die typische Kurve für die Methylenblauentfärbung im ungewaschenen Gewebe hat also folgenden Verlauf. Bei hinreichender Verdünnung von Kaliumjodid ist das Jodid zunächst ohne Einfluß auf die Dehydrierungsvorgänge. Mit zunehmender Konzentration des Giftes tritt eine zunehmende Beschleunigung der Methylenblauentfärbung auf bis zu einem Maximum, das von Tier zu Tier verschieden ist. Von dieser optimalen Konzentration des Giftes ab kommt es dann mit weiter ansteigender Giftkonzentration über einen Indifferenzpunkt, bei dem keine Einwirkung von Jodid feststellbar ist, zu einer immer stärker werdenden Hemmung der Dehydrierungsfermentsysteme.

Dieser zweiphasige Verlauf der Wirkungskurve geht also durch einen Indifferenzpunkt. Da die eben noch fördernd wirksame Grenzkonzentration verschieden tief liegt, wird sie in etwa der Hälfte nicht

[1]) Hahn und Haarmann: Z. f. Biol. 89, 159, 1929

erreicht. Das Fehlen einer Einwirkung selbst bei Verdünnungen bis 10^{-10} führt hier also dazu, daß nur die zweite Wirkungsphase, nämlich die Hemmung durch höhere Konzentrationen eintritt. Bei den anderen Versuchen dagegen kommen beide Phasen zur Beobachtung; das Optimum der Förderung liegt dann meist bei 10^{-7}. Der Reaktionsablauf der Jodidwirkung entspricht mithin vollkommen der Arndt-Schulz'schen Regel, die von Schulz geradezu als biologisches Grundgesetz bezeichnet wurde. Sie lautet: Schwache Reize fachen die Lebenstätigkeit an, mittlere fördern sie, starke hemmen, stärkste heben sie auf. Aber individuell ist, was als schwacher, mittelstarker und stärkster Reiz anzusehen ist. Was bei dem einen Organismus hemmend wirkt, ruft bei einem anderen Organismus einen Erregungszustand hervor.

Versuchsserie 2.

In Versuchsserie 1 wurde der Einfluß von Jodid auf die Dehydrierung sämtlicher im Gewebe enthaltenen Nährstoffe untersucht. Es ist daraus nicht ersichtlich, ob sich die einzelnen Fermentreaktionen gleichmäßig verhalten. Um von der Menge der in Betracht kommenden Stoffe einige bekanntere Stoffe untersuchen zu können, wurden die Abbaubedingungen dieser Stoffe im Gewebe durch Zusatz der betreffenden Substanzen möglichst günstig gestaltet. Durch die Steigerung der Konzentration an diesen Stoffen wird der Abbau von anderen, nur in geringerer Menge im Gewebe enthaltenen Nährstoffen möglichst zurückgedrängt. In der folgenden Versuchsserie 2 wurde der Einfluß von Jodid auf die Dehydrierung der Milchsäure des Endproduktes des anaeroben Kohlenhydratabbaues untersucht. Wie Hahn, Fischbach und Haarmann[1]) zeigen konnten, ist das Dehydrierungsprodukt der Milchsäure die Brenztraubensäure. Die Versuchsergebnisse sind aus der Tabelle 2 zu ersehen.

Auch hier ist wie in Versuchsserie 1 bei den Geweben von Kaninchen sowohl bei der Skelettmuskulatur, Niere und Hirn kein oder nur soeben angedeuteter Einfluß von Jodid auf die Methylenblauentfärbung feststellbar. Die Versuche an Meerschweinchenmuskulatur zeigen bei Laktatzusatz ein anderes Bild wie in Versuchsserie 1 ohne Laktatzusatz. Gemeinsam ist beiden Versuchsserien die Steigerung der Methylenblauentfärbung bei niederen Jodkonzentrationen. Das Optimum liegt in beiden Fällen sehr verschieden hoch. Mit zunehmender Jodkonzentration tritt eine Verschlechterung der Methylenblauentfärbung auf, es kommt aber lediglich in Versuch 3 und 7 zu einer Hemmung gegenüber dem Kontrollversuch. Versuch 7 entspricht vollkommen der Arndt-Schulz'schen Regel.

[1]) Hahn, Fischbach, Haarmann: Z. f. Biol. 88, 516, 1929.

Versuchsserie 3.

In der folgenden Versuchsserie wurde der Abbau des Glykogens unter dem Einfluß von Jodid untersucht. Auch hier ist bei der Muskulatur vom Kaninchen nur eine ganz minimale Einwirkung des Jods auf die Entfärbung des Methylenblaus durch Glykogen feststellbar. Anders bei der Muskulatur von Meerschweinchen. Es ergibt sich hier grundsätzlich ein anderes Wirkungsbild des Jods wie in den Versuchsserien 1 und 2. Die Wirkungsrichtung ist gerade umgekehrt wie bei der Dehydrierung der Summe der im Gewebe vorkommenden Stoffe und wie auch bei Laktatzusatz. Lediglich die hohen Konzentrationen beschleunigen die Entfärbung des Methylenblaus. Die niederen Konzentrationen sind wirkungslos oder hemmen wie in Versuch 2 den Abbau des Glykogens.

Das Glykogen wird bekanntlich im Gewebe nicht direkt dehydriert, der Abbau erfolgt vielmehr erst nach vorheriger Spaltung zu einfacheren Verbindungen, vor allem wohl nach Spaltung der entstandenen Hexosemoleküle zu den Triosen, von denen Methylglyoxal von Neuberg nachgewiesen wurde. Der Abbau des Glykogens zu den Endstufen der Verbrennung setzt erst bei den Triosen ein. Unter der Einwirkung von Jodid müssen also die Triosen bei höherer Jodkonzentration in verstärktem Maße gebildet werden; dabei bleibt es unentschieden, ob der Abbau der Triosen selbst gesteigert ist. Die Versuche zeigen weiterhin, daß das Glykogen abgebaut wird, ohne die Milchsäurestufe zu passieren, da die Dehydrierung der Milchsäure bei den tiefen Konzentrationen beschleunigt ist, während der Glykogenabbau unbeeinflußt bleibt oder sogar gehemmt wird.

Versuchsserie 4.

Bei den Versuchen dieser Versuchsserie wurde die Beeinflussung des Abbaues von Hexosediphosphorsäure verfolgt. Wie Hahn und Haarmann[1]) zeigen konnten, entsteht bei der Dehydrierung von Hexosediphosphorsäure mit Methylenblau als Wasserstoffakzeptor als Dehydrierungsprodukt die Brenztraubensäure. Die Versuchsergebnisse sind in der Tabelle 4 zusammengestellt.

Wie bei den früheren Versuchsserien spricht auch hier Kaninchenmuskulatur auf Jod nicht an. Das Wirkungsbild entspricht ungefähr der Laktatwirkung, d. h. Beschleunigung bei niederen Dosen, mit zunehmender Konzentration Verschlechterung der Methylenblauentfärbung doch meist keine Hemmung gegenüber dem Kontrollversuch.

[1]) Hahn und Haarmann: Z. f. Biol. 90, 231, 1930.

Versuchsserie 5.

Will man den Abbau von Glukose im Gewebe untersuchen, so ist zu den Versuchen Skelettmuskulatur ungeeignet, weil sie Glukose nur in ganz geringem Umfange abbaut. Hirn, Niere und Herz dagegen verwerten in erster Linie Glukose, wie die Versuche von Haarmann[1]) zeigen. Die Ergebnisse sind aus der Tabelle 5 ersichtlich.

Die Dehydrierung der Glukose erfolgt erst nach Spaltung des Hexosemoleküls in einfachere Verbindung mit 3 Kohlenstoffatomen. Die Versuche zeigen, daß die Einwirkung des Jods auf den Glukoseabbau nur gering ist. In der Mehrzahl der Versuche ist überhaupt keine Einwirkung festzustellen, vor allem gilt das für die Organe von Kaninchen und Katze. Bei nachweisbarer Jodwirkung tritt mit zunehmender Jodkonzentration eine Verschlechterung des Abbaues auf. Das Maximum der Hemmung liegt (Versuch 1 und 2) bei mittleren Jodkonzentrationen. Höhere Jodgaben wirken beschleunigend. Im Versuch 3 wird die Hemmungswirkung mit steigender Konzentration größer.

Versuchsserie 6.

Um bestimmte Fermentsysteme ohne störende Beeinflussung durch andere zur Untersuchung zu bringen, ist es notwendig, die Abbaubedingungen für Stoffe, auf die diese Fermentsysteme eingestellt sind, möglichst günstig zu gestalten. Da im unausgewaschenen Gewebe eine große Anzahl wirksamer Fermente und Brennstoffe enthalten sind, erhält man übersichtlichere Versuchsbedingungen nur dann, wenn die Fermente wegen Mangel an Brennstoffen nicht wirksam werden können. In der folgenden Versuchsserie wurde deshalb das Gewebe, in unserem Falle Skelettmuskulatur, dreimal eine viertel Stunde lang mit destilliertem Wasser ausgewaschen. Die im Gewebe vorhandenen Brennstoffe und die Mehrzahl der Fermente, z. B. Milchsäuredehydrase, werden so durch das Auswaschen entfernt. Erhalten bleiben die Fermente, die den Abbau der Bernsteinsäure u. a. Glyzerinphosphorsäure katalysieren. Der Abbau dieser Stoffe wurde in der folgenden Versuchsserie untersucht.

Die Dehydrierung der Bernsteinsäure (Tabelle 6) wird durch Jod bei den einzelnen Tierarten nicht einheitlich beeinflußt. Bei Muskulatur von Katze ist überhaupt keine Einwirkung nachzuweisen. Bei Hundemuskulatur erfolgt mit steigender Jodkonzentration eine zunehmende Beschleunigung der Methylenblauentfärbung, Kaninchenmuskulatur verhält sich genau umgekehrt. Bei Meerschweinchenmuskulatur wirken lediglich mittlere Konzentrationen schwach aktivierend auf die Dehydrierung der Bernsteinsäure. Der Einfluß von Jod bei dem System Glyzerinphosphorsäure (Tabelle 7) ist nur gering. In Versuch 1 und 4 kommt es bei niederen Gaben zu einer geringen Steigerung durch Jod, Versuch 2 und 3 zu einer geringen Hemmung.

[1]) Haarmann: Über das Milchsäurebildungsvermögen der Gewebe. Z. f. Biol. (im Druck).

Einfluß von Bromid auf die Methylenblauentfärbung.

Versuchsserie 7.

Die Bromwirkung auf die Dehydrierungsvorgänge wurde in der gleichen Weise wie beim Jod angegeben untersucht. Zur Anwendung kamen die gleichen Organe und dieselben Versuchstiere wie in den Jodversuchen. Analog den Versuchen mit Jod zeigen auch die Versuche mit Bromid bei Kaninchen, Frosch und mitunter auch an Meerschweinchen keine Einwirkung der Bromide auf den Abbau der Summe der im Gewebe enthaltenen Brennstoffe, wie aus Tabelle 8 ersichtlich ist. Mit zunehmender Konzentration werden die Dehydrierungsreaktionen gesteigert bis zu einem Maximum, genau der Jodwirkung entsprechend. Mit weiter zunehmender Konzentration nimmt die Wirkung ab, ohne aber wie beim Jod zu einer Hemmung der Dehydrierungsreaktionen gegenüber dem Kontrollversuch zu führen. In Versuch 4 hemmt Brom bei allen Konzentrationen und zwar am stärksten bei der größten Verdünnung, mit steigender Konzentration erfolgt zunehmende Verbesserung. Aber auch bei den größten Konzentrationen tritt keine Steigerung gegenüber dem Kontrollversuch ein.

Versuchsserie 8.

In den Versuchen mit Laktatzusatz zeigt sich eine nur geringe Wirkung von Brom auf die Dehydrierung der Milchsäure. Bei den Geweben von Kaninchen (Hirn, Niere und Muskel) ist Brom vollkommen wirkungslos. Skelettmuskel des Meerschweinchens verhält sich bei verschiedenen Versuchstieren nicht einheitlich. Versuch 4 hemmt steigende Dosen Brom zunehmend. In Versuch 1 und 5 tritt zunächst eine Steigerung der Dehydrierungsvorgänge ein, dann von einem Maximum ab eine Verschlechterung. In Versuch 5 und 6 werden bei den höchsten Konzentrationen die Werte für die Kontrollversuche erreicht. In Versuch 1 und 2 tritt von einem Maximum der Hemmung eine erneute Beschleunigung der Dehydrierungsvorgänge ein.

Versuchsserie 9.

Der Abbau des Glykogens wird durch Brom bei keiner Konzentration gehemmt. Große und kleine Dosen von Brom sind ohne Einfluß, lediglich die mittleren Konzentrationen bewirken eine Steigerung des Glykogenabbaues. Das Kaninchen reagiert auch hier ähnlich wie beim Jod nicht auf das Halogen.

Versuchsserie 10.

Die in Tabelle 11 zusammengestellten Versuche mit Hexosediphosphorsäure zeigen die zunehmende Wirkung des Broms auf den Abbau der Hexosediphosphorsäure mit zunehmender Bromkonzentration, dabei sind die niederen Konzentrationen ohne Einfluß (Versuch 1 und 3) oder wirken verzögernd auf die Entfärbung des Methylenblaus. Die Wirkungsrichtung des Broms verläuft also umgekehrt als die des Jods.

Versuchsserie 11.

Versuchsserie 11 gibt in allen Versuchen, die mit Glukose angestellt wurden, eine Bestätigung der Arndt-Schulz'schen Regel, die besonders deutlich bei den Versuchen 4, 6, 7 und 8 der Tabelle 12 sichtbar ist. Bei den übrigen Versuchen ist keine Einwirkung von Brom festzustellen. Bemerkenswert ist, daß der Einfluß des Jods bei dem System Glukose in Versuch 4 und 6 besonders deutlich bei Nierengewebe von Kaninchen sichtbar wird, das in den meisten Fällen nicht auf die Halogene reagiert.

Versuchsserie 12.

Die Versuche der folgenden Versuchsserie wurden mit ausgewaschener Muskulatur angestellt. In der Hälfte aller Versuche ließ sich keine Einwirkung auf den Abbau der Bernsteinsäure und Glyzerinphosphorsäure feststellen. Das bernsteinsäureabbauende Ferment die Succinodehydrase wird bei höheren Konzentrationen leicht aktiviert, wie es auch bei der Muskulatur beim Hund durch Jod der Fall ist. Im Gegensatz zur Jodwirkung besteht der Einfluß des Broms auf den Abbau der Glyzerinphosphorsäure in einer leichten Hemmung bei mittleren Konzentrationen (Tabelle 14).

Zusammenfassung.

Es wurde der Einfluß von Kaliumjodid und Natriumbromid auf die Dehydrierungsvorgänge in den verschiedensten Organen untersucht. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Übersichtstabelle.

Fermentsysteme	Jodwirkung			Bromwirkung		
	Konzentration der Jod- bzw. Bromsalze					
	tief	mittel	hoch	tief	mittel	hoch
1) Summe aller Gewebsfermente	++	∅	−−	−	+	++
2) Milchsäure	++	+	+	+	−	∅
3) Glykogen	+	+	++	∅	+	∅
4) Hexosediphosphorsäure	++	++	+	−	+	++
5) Glukose	+	−	+	++	∅	−
6) Bernsteinsäure	∅	+	++	∅	∅	+
7) Glyzerinphosphorsäure	+	−	∅	∅	∅	−

\+ leichte Förderung, −− starke Hemmung, ++ starke Förderung,
∅ ohne Einwirkung, − leichte Hemmung.

Hervorzuheben ist, daß sich die einzelnen Tierarten grundsätzlich verschieden verhalten, so war z. B. das Kaninchen gegen Jod und Brom in den meisten Fällen refraktär. Daß innerhalb der gleichen Tierart starke individuelle Unterschiede in quantitativer Hinsicht bestehen, entspricht allen anderen Erfahrungen, die bei den Arbeiten über die Beeinflussung intermediärer Stoffwechselvorgänge vorliegen.

Tabelle 1.

Kaliumjodid (ohne Zusatz)

Zusatz von K J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,0	27	32	19	34	19	8	26	46	55	31	53
10^{-10}	27	32	20	35	20	8	26	46	55	31	53
10^{-9}	23	28	20	36	21	8	26	46	55	30	53
10^{-8}	22	38	20	38	17	9	27	46	55	30	51
10^{-7}	16	37	21	41	16	12	27	46	55	28	50
10^{-6}	24	38	21	44	18	13	27	46	55	29	48
10^{-5}	24	38	25	45	19	13	28	46	55	32	40
10^{-4}	24	37	24	46	20	13	28	46	55	32	36
10^{-3}	25	37	24	48	20	13	27	45	55	44	51
10^{-2}	33	40	28	49	23	12	27	46	55	—	51
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Herzmuskel
Versuchstier:	Meerschweinchen						Kaninchen		Frosch	Katze	Katze

Tabelle 2.

Kaliumjodid (Laktat)

Zusatz von K J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,0	47	31	25	45	36	45	28	30	19	26	24	44	33	44
10^{-10}	47	31	26	53	33	46	20	30	19	26	24	44	33	44
10^{-9}	31	22	26	27	27	46	24	29	20	26	24	44	33	44
10^{-8}	38	20	28	23	28	46	27	28	17	27	24	44	33	44
10^{-7}	43	26	28	31	29	30	29	27	18	27	24	44	33	44
10^{-6}	42	25	28	33	27	31	31	26	18	26	24	23	33	43
10^{-5}	36	25	31	33	23	32	38	25	20	26	24	44	33	44
10^{-4}	31	27	27	36	23	35	40	25	17	26	22	44	33	44
10^{-3}	31	30	24	38	26	41	46	25	17	26	22	44	33	44
10^{-2}	34	—	23	38	27	—	48	28	18	26	22	44	32	44
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Hirn	Hirn	Hirn	Niere	Niere	Muskel	Muskel	Muskel
Versuchstier:	Meerschweinchen						Hund	Kaninchen				Katze	Kaninchen	

Tabelle 3.

Kaliumjodid (Glykogen)

Zusatz von K J	1	2	3	4
0,0	35	28	22	62
10^{-10}	35	35	22	62
10^{-9}	35	32	22	62
10^{-8}	35	29	20	62
10^{-7}	35	27	18	60
10^{-6}	35	26	17	62
10^{-5}	24	26	17	64
10^{-4}	26	25	14	61
10^{-3}	26	24	19	60
10^{-2}	26	25	20	58
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel
Versuchstier:	Meerschweinchen		Kaninchen	

Tabelle 4.

Kaliumjodid (Hexosediphosphorsäure)

Zusatz von K J	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	37	30	31	30	30	42	37	87
10^{-10}	37	32	33	16	19	27	38	87
10^{-9}	32	29	28	16	—	30	38	87
10^{-8}	32	26	22	20	15	31	38	89
10^{-7}	30	25	21	21	15	42	39	86
10^{-6}	35	25	19	26	16	47	39	76
10^{-5}	35	25	16	29	17	45	39	62
10^{-4}	35	25	16	32	18	—	37	60
10^{-3}	29	28	21	27	18	41	37	90
10^{-2}	30	28	20	26	18	46	39	90
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel
Versuchstier:	Meerschweinchen						Kaninchen	Katze

Tabelle 5.

Kaliumjodid (Glukose)

Zusatz von K J	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	42	37	27	10	16	19	15	28	34
10^{-10}	43	31	27	10	16	19	15	30	34
10^{-9}	43	32	26	10	17	18	15	28	34
10^{-8}	44	35	26	11	17	18	15	27	34
10^{-7}	43	42	26	10	17	18	15	29	34
10^{-6}	50	39	28	10	18	18	15	27	34
10^{-5}	48	37	28	12	17	18	17	27	33
10^{-4}	38	37	27	13	17	18	15	27	31
10^{-3}	—	31	27	13	18	18	15	27	33
10^{-2}	42	27	26	16	17	19	15	30	34
Organ:	Hirn	Hirn	Hirn	Hirn	Hirn	Niere	Niere	Niere	Herz
Versuchstier:	Hund		Kaninchen					Katze	

Tabelle 6.

Kaliumjodid (Bernsteinsäure)

Zusatz von K J	1	2	3	4	5
0,0	56	37	40	55	33
10^{-10}	54	37	40	55	32
10^{-9}	51	37	40	56	30
10^{-8}	48	34	40	56	29
10^{-7}	43	34	40	60	27
10^{-6}	43	34	40	62	29
10^{-5}	43	30	40	62	31
10^{-4}	42	30	40	67	33
10^{-3}	41	30	40	68	36
10^{-2}	40	29	41	68	29
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel
Versuchstier:	Hund		Katze	Kaninchen	Meerschweinchen

Tabelle 7.

Kaliumjodid (Glyzerinphosphorsäure)

Zusatz von K J	1	2	3	4
0,0	45	40	42	60
10^{-10}	39	40	43	60
10^{-9}	37	40	44	60
10^{-8}	43	41	44	50
10^{-7}	43	43	46	53
10^{-6}	47	—	46	64
10^{-5}	47	43	45	64
10^{-4}	46	41	45	60
10^{-3}	46	41	45	53
10^{-2}	46	41	45	52
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel
Versuchstier:	Katze	Kaninchen	Meerschweinchen	Hund

Tabelle 8.

Natriumbromid (ohne Zusatz)

Zusatz von NaBr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	46	21	28	13	42	79	40	54	54
10^{-10}	39	20	27	28	42	79	40	54	42
10^{-9}	32	19	28	28	41	81	40	54	40
10^{-8}	31	19	28	27	40	79	40	54	40
10^{-7}	30	20	29	27	39	79	40	54	42
10^{-6}	30	22	30	25	37	81	40	54	44
10^{-5}	32	23	30	24	32	78	40	54	45
10^{-4}	31	22	26	21	39	78	40	54	46
10^{-3}	42	20	26	20	40	79	40	54	49
10^{-2}	43	22	29	17	41	78	40	54	54
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Herz
Versuchstier:	Meerschweinchen					Kaninchen		Frosch	Katze

Tabelle 9.

Natriumbromid (Laktat)

Zusatz von NaBr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,0	64	34	23	45	38	39	28	28	30	65	60
10^{-10}	55	37	23	45	36	39	30	28	30	65	60
10^{-9}	56	40	22	45	32	38	29	28	30	65	60
10^{-8}	53	45	22	45	27	39	29	28	27	65	60
10^{-7}	64	45	23	50	20	40	30	28	27	66	60
10^{-6}	64	45	20	55	22	33	27	27	30	65	60
10^{-5}	59	39	21	55	25	35	30	27	29	66	60
10^{-4}	60	34	21	55	27	37	29	27	29	66	60
10^{-3}	61	30	21	56	34	39	30	27	30	66	60
10^{-2}	57	30	24	56	36	38	27	26	30	67	61
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Hirn	Niere	Niere	Muskel	Muskel
Versuchstier:	Meerschweinchen						Kaninchen				

Tabelle 10.

Natriumbromid (Glykogen)

Zusatz von NaBr	1	2	3	4
0,0	38	21	14	34
10^{-10}	41	21	13	34
10^{-9}	38	21	14	34
10^{-8}	34	22	14	31
10^{-7}	29	18	15	31
10^{-6}	29	18	15	31
10^{-5}	29	18	15	24
10^{-4}	35	19	14	29
10^{-3}	35	21	14	32
10^{-2}	33	20	14	34
Organ:	Muskel	Muskel	Niere	Niere
Versuchstier:	Meerschweinchen		Kaninchen	Katze

Tabelle 11.

Natriumbromid (Hexosediphosphorsäure)

Natriumbromidzusatz	1	2	3	4	5
0,0	41	25	69	32	41
10^{-10}	41	32	69	31	43
10^{-9}	40	32	68	30	50
10^{-8}	38	28	67	30	48
10^{-7}	31	27	67	29	39
10^{-6}	32	27	66	29	40
10^{-5}	33	26	64	28	40
10^{-4}	32	25	64	32	39
10^{-3}	32	23	64	32	40
10^{-2}	32	23	64	30	39
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel
Versuchstier:	Meerschweinchen				

Tabelle 12.

Natriumbromid (Glukose)

Zusatz von NaBr	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	42	14	19	15	19	21	25	38
10^{-10}	40	14	19	13	20	21	24	42
10^{-9}	40	15	17	13	22	18	20	45
10^{-8}	38	15	19	13	21	20	21	46
10^{-7}	38	14	20	13	19	21	22	49
10^{-6}	38	15	18	15	19	25	25	51
10^{-5}	38	14	19	16	20	25	25	51
10^{-4}	38	14	21	17	19	25	25	51
10^{-3}	37	14	19	18	21	25	25	52
10^{-2}	38	15	19	20	22	27	27	56
Organ:	Hirn	Hirn	Niere	Niere	Hirn	Niere	Niere	Herz
Versuchstier:	Hund	Kaninchen					Katze	Katze

Tabelle 13.

Natriumbromid (Bernsteinsäure)

Zusatz von NaBr	1	2	3	4	5	6
0,0	54	34	36	44	53	51
10^{-10}	54	34	36	44	47	49
10^{-9}	52	34	34	44	46	48
10^{-8}	52	34	33	44	43	48
10^{-7}	52	33	33	46	43	47
10^{-6}	50	33	33	46	43	48
10^{-5}	49	34	33	46	43	50
10^{-4}	47	36	32	46	42	49
10^{-3}	46	35	30	46	42	49
10^{-2}	46	35	30	46	42	49
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel
Versuchstier:	Hund			Katze	Kaninchen	Meerschweinchen

Tabelle 14.

Natriumbromid (Glyzerinphosphorsäure)

Zusatz von NaBr	1	2	3	4
0,0	40	41	41	67
10^{-10}	40	45	41	68
10^{-9}	41	48	39	71
10^{-8}	40	47	40	74
10^{-7}	39	47	40	74
10^{-6}	49	47	38	75
10^{-5}	51	45	39	68
10^{-4}	49	46	42	67
10^{-3}	49	46	42	75
10^{-2}	45	45	39	71
Organ:	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel
Versuchstier:	Katze	Kaninchen	Meerschweinchen	Hund

Lebenslauf.

Am 24. Juli 1900 wurde ich zu Dortmund/Westf. geboren. Nach Besuch der Volksschule kam ich auf das Bismarckrealgymnasium, wo ich im Dezember 1919 das Reifezeugnis ablegte. Studierte dann von 1920—1928 Veterinärmedizin in Gießen. Darauf widmete ich mich in Münster dem Studium der Zahnheilkunde. Im November 1930 bestand ich das zahnärztliche Physikum und am 15. August 1932 das zahnärztliche Staatsexamen.